

SIFAT MEKANIK GEL SURIMI YANG DITAMBAHKAN OLIVE LEAF EXTRACT POWDER

Muh Ali Arsyad^{1*}, Arham Rusli¹ dan Masahiro Ogawa²

¹Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan, Jl. Poros Makassar-Pare Km.83 Pangkep, Sulawesi Selatan. 90655. Telp (0410) 2312703; 2312704, Fax : (0410) 2312705

²Department of Applied Biological Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University, 2393 Ikenobe, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-0795, Japan

*Korespondensi: muh.aliarsyadabdullah@gmail.com

Diterima: 9 Juli 2019 /Disetujui: 22 Agustus 2019

Cara sitasi: Arsyad MA, Rusli A, Ogawa M. 2019. Sifat mekanik gel surimi yang ditambahkan *olive leaf extract powder*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2): 318-326.

Abstrak

Sifat mekanik merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas produk gel surimi. Senyawa fenol dari tumbuhan telah dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat mekanik gel surimi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh penambahan *olive leaf extract powder* (OLEP) terhadap sifat mekanik gel surimi. Penelitian ini menggunakan perlakuan penambahan OLEP 0-0,5% untuk pembuatan surimi dari *fillet red sea bream*. Pengujian yang dilakukan yaitu kandungan air surimi dan gel surimi, kekuatan dan kekenyalan gel surimi, *water-holding capacity* gel surimi, *natural actomyosin* (NAM), penentuan gugus thiol dan amino pada NAM, kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan OLEP-gel. Analisa statistik dilakukan menggunakan software SPSS 15.0 dengan *one-way analysis of variance*. Penambahan OLEP yang mengandung polifenol 1,9 mg GAE/g berat kering pada surimi meningkatkan *breaking stress* dan *breaking strain* gel surimi. Penambahan 0,2% OLEP meningkatkan *breaking stress* dan *breaking strain* masing-masing 13% dan 27%. Penambahan 0,5% OLEP menghasilkan gel surimi dengan *breaking stress* dan *breaking strain* masing-masing 24% dan 29%. Penambahan OLEP memiliki efek negatif pada *whitness* gel surimi, OLEP mampu memperbaiki sifat mekanik produk gel surimi yang tidak mementingkan warna.

Kata kunci : kekuatan gel, polyphenol, red sea bream

Mechanical Properties of Surimi Gel Added with Olive Leaf Extract Powder

Abstract

Mechanical property is important factors in determining quality of surimi-based products. Plant phenolic compound has been used to improve mechanical properties of surimi gel. The aim of this study was to determine the effects of addition of olive leaf extract powder (OLEP) on the mechanical properties of surimi gel. Addition of OLEP that contained polyphenol of 1.9 mg GAE/g dry weight to surimi increased breaking stress and breaking strain of surimi gel. The breaking stress and breaking strain of surimi gel increased with increasing OLEP concentration. The addition of 0.2% OLEP increased the breaking stress of surimi gel by 13% and the breaking strain by 27%. The addition of 0.5% OLEP resulted in a 1.2 times increase in the breaking stress and breaking strain of surimi gel. Increasing breaking stress and breaking strain of surimi gel with the addition of OLEP is caused by the integration of additional crosslinks into the protein networks via polyphenols or their derivatives. Although the addition of OLEP had a detrimental effect on whiteness of surimi gel, OLEP is still a useful functional ingredient for improving mechanical properties of surimi gel products in which the color is not an important quality.

Keywords: gel strength, polyphenols, red sea bream

PENDAHULUAN

Surimi adalah pasta dari daging ikan yang telah dicuci dan merupakan bahan dasar dalam pembuatan produk gel, contohnya kamaboko dan daging kepiting imitasi. Gel surimi dengan kekuatan dan kekenyalan yang tinggi dianggap sebagai produk yang bermutu tinggi, karena memiliki struktur protein yang baik dan memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi. Peningkatan kekuatan gel dari surimi dapat menggunakan berbagai jenis bahan yang *food grade* dan ikatan silang dari enzim. Penambahan ini memengaruhi rasa dan warna dari surimi yang dihasilkan (Yaguchi *et al.* 2017).

Penggunaan bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan dapat memperbaiki tekstur gel surimi yang dihasilkan karena adanya kandungan polifenol pada tumbuhan. Gel surimi dari ikan *grass cap* (*Ctenopharyngodon idellus*) yang ditambahkan polifenol dari apel muda memiliki kekuatan 1,1 kali lebih baik dibandingkan dengan gel surimi tanpa penambahan apel muda (Sun *et al.* 2017). Senyawa fenol dari tumbuhan yaitu katekin dan asam kafeik mampu meningkatkan kekuatan dan kekenyalan gel surimi (Balange dan Benjakul 2009). Penemuan ini sangat penting, karena tekstur gel surimi merupakan indikator yang sangat penting dalam penerimaan konsumen.

Daun *olive* mengandung polifenol yang sangat tinggi sekitar 66,63 mg *gallic acid equivalent* (GAE)/g berat kering (Mkaouar *et al.* 2018). Oleuropein, hidroksitirosol, dan verbaskosid merupakan senyawa fenol yang banyak ditemukan di daun *olive* (Moudache *et al.* 2016). Senyawa-senyawa fenol tersebut memiliki struktur kimia yang berbeda dengan katekin dan asam kafeik. Oleuropein ditemukan hanya pada tumbuhan *olive* dan kandungannya melimpah pada daunnya. Tujuan penelitian ini adalah menentukan sifat mekanik dari gel surimi yang ditambahkan *olive leaf extract powder* (OLEP).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah daging filet ikan *red sea bream* (*Pagrus major*) yang

didapatkan dari pasar lokal Miki-cho, Jepang, daun *olive* segar yang dikumpulkan dari pohon *olive* (*Olea europaea* L.) yang tumbuh di Fakultas Pertanian, Universitas Kagawa, Jepang. Polifosfat (sodium Polifosfat : sodium pirofosfat = 1:1) dibeli dari Kirin Kyowa Foods Co. Ltd. (Tokyo, Japan). Alat yang digunakan adalah *cold air dryer* (Cool Dry Machinery Co. Ltd., Kagawa, Japan), *grain grinder* (model IFM-700 G, Iwatani, Co., Tokyo, Japan), *freeze-drying* (Eyela, FDU-2100, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Japan), *meat grinder* (KitchenAid, Model KSM150; Whirlpool Corporation, Michigan, USA), *food processor* (model LPP-2JW, Cuisinart Co. Ltd, USA) dan rheoner II creep meter (RE 2-3305; Yamaden Co., Tokyo, Japan), Nissei AM-8 *homogenizer* (Nihonseiki Kaisha Ltd, Tokyo, Japan),

Pembuatan *olive leaf extract powder* (OLEP)

Daun *olive* segar dikeringkan pada suhu 25-40°C selama 48 jam di *cold air dryer*, digiling menggunakan *grain grinder* selanjutnya disaring menggunakan *nylon mesh filter* (ukuran diameter 108 µm). Bubuk daun *olive* (50 g) diekstrak dalam 500 mL air pada suhu ruang dengan pengadukan secara terus menerus, selanjutnya disaring menggunakan dua lembar kain kasa. Larutan yang telah disaring disentrifugasi pada kecepatan 10,000 g selama 20 menit. Supernatan yang dihasilkan diambil dan residunya diekstrak kembali dengan 500 mL air selama 1 jam dan disentrifugasi pada kondisi yang sama. Proses ekstraksi-sentrifugasi diulang sebanyak 3 kali. Supernatan yang dihasilkan disatukan dan selanjutnya dikeringbekukan menggunakan *freeze-drying* untuk mendapatkan ekstrak kering. Bubuk ekstrak yang dihasilkan digunakan sebagai OLEP dan disimpan dalam desikator pada suhu 20°C sampai digunakan.

Pembuatan gel surimi

Prosedur pembuatan surimi dilakukan pada suhu 4°C. *Fillet* dipotong menjadi bentuk kotak dengan ukuran 1×1×1 cm³. Potongan *fillet* direndam dalam air deionasi dingin, diinkubasi selama 10 menit dan kemudian didehidrasi menggunakan keranjang *stainless*. Proses perendaman-dehidrasi diulang

sebanyak tiga kali. Daging kotak yang telah dicuci digiling menggunakan *meat grinder*. Air deionasi ditambahkan untuk mendapatkan kandungan air daging giling 80%. OLEP pada berbagai konsentrasi (0 dan 0,5% b/b), polifosfat (0,2% b/b), sorbitol (5,0% b/b) dan sodium klorida (3,0% b/b) ditambahkan pada daging giling, selanjutnya dihomogenkan menggunakan *food processor*.

Pasta surimi dimasukkan ke dalam selubung Krehalon[®] PVDC diameter 17 mm menggunakan *handmade sausage stuffer* dan kedua ujung selubung diikat menggunakan tali. Pasta surimi yang telah ditambahkan OLEP dalam selubung diinkubasi pada suhu $30,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ selama 60 menit dalam *water bath* kemudian dipanaskan pada suhu $90 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Gel surimi yang telah dipanaskan segera didinginkan dalam es curai selama 30 menit kemudian selubung dilepas. Gel surimi dipotong menjadi gel silinder (diameter 1,7 cm dan panjang 1,0 cm) dengan interval 10 mm menggunakan *cutter knife*. Gel silinder dibiarkan pada suhu ruang selama 3 jam sebelum diukur kekuatan dan kekenyalannya.

Kandungan air dan gel surimi

Sampel ditempatkan pada *pan aluminum foil* dan didehidrasi di oven pada suhu $105 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 12 jam. Sampel selanjutnya didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Proses dehidrasi sampel dilanjutkan hingga berat sampel konstan. Perhitungan kandungan air sampel dapat dilihat di bawah ini :

$$\text{Kandungan air (\%)} = (W_i - W_f) / W_i \times 100$$

Keterangan :

W_i = berat sampel sebelum didehidrasi.

W_f = berat akhir setelah didehidrasi.

Kekuatan dan kekenyalan gel surimi

Breaking stress dan *breaking strain* gel surimi dianalisa dengan sedikit modifikasi menggunakan *rheoner II creep meter* yang dilengkapi dengan *cylindrical plunger* (diameter 3 mm). Metode yang digunakan mengacu pada penelitian (Hadipernata *et al.* 2016). Gel silinder (diameter 1,7 cm, tinggi 1,0 cm) ditempatkan

di *rheometer* selanjutnya *breaking stress* dan *breaking strain* gel surimi diukur dengan kecepatan penetrasi 1,0 mm/detik. *Breaking stress* dan strain direpresentasikan sebagai *stress* (N/m²) dan *strain* (%) dibagian atas puncak pertama dari kurva kekuatan dengan kekenyalan.

Water-holding capacity gel surimi

Water-holding capacity (WHC) diestimasi dengan pengukuran *expressible moisture* berdasarkan metode Urestia *et al.* (2003). Gel silinder (diameter 1,7 cm dan tinggi 1,0 cm) ditempatkan di antara dua lembar *filter paper*. Sampel gel dengan *filter paper* ditempatkan di dasar tube 50 mL dan disentrifugasi dengan kecepatan $1,000 \times g$ selama 15 menit pada suhu 15°C . Gel yang sudah dikompres segera ditimbang. Air yang dilepaskan dari surimi gel dihitung sebagai *expressible moisture*. Perhitungan WHC dapat dilihat dibawah ini :

$$\text{Expressible moisture (\%)} = (W_i - W_c) / W_i \times 100$$

Keterangan :

W_i = berat gel surimi yang tidak dikompres;

W_c = gel surimi yang sudah dikompres.

Natural actomyosin (NAM)

Natural actomyosin (NAM) diekstrak dari *fillet red sea bream* mengikuti metode Ogawa *et al.* (2017) dengan sedikit modifikasi. Ekstraksi dilakukan pada suhu 4°C . *Fillet* (50 g) dipotong kecil, kemudian dihomogenkan dalam 250 mL 50 mM NaCl-20 mM buffer sodium fosfat (pH 7,0) menggunakan Nissei AM-8 *homogenizer* pada kecepatan 4,500 rpm selama 30 detik. Sampel yang sudah homogen disentrifugasi pada kecepatan $8000 \times g$ selama 10 min. Supernatan yang dihasilkan dibuang kemudian dipisahkan dengan homogenasi-sentrifugasi diulang sebanyak tiga kali.

Residu dihomogenkan dalam 250 mL 0,6 M NaCl-20 mM sodium fosfat buffer (pH 7,0) pada kecepatan 4.500 rpm menggunakan Nissei AM-8 *homogenizer* selama 30 detik. Residu yang sudah dihomogenkan kemudian disentrifugasi pada kecepatan $8000 \times g$ selama 15 min. Supernatan yang dihasilkan disaring dengan 3 lembar kain kasa. Supernatan yang telah disaring diencerkan dengan 1,5

L air diionasi kemudian disentrifugasi pada kecepatan $10.000 \times g$ selama 15 min, residu yang dihasilkan digunakan sebagai NAM dalam penelitian ini. Konsentrasi protein NAM dihitung dengan metode biuret (Dorey dan Draves 1998).

Penentuan gugus thiol dan amino pada NAM

OLEP(0,2 atau 0,5% b/v) ditambahkan ke larutan NAM sebanyak 20 mL NAM yang mengandung OLEP (NAM-OLEP) diinkubasi pada suhu $30,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ selama 60 menit, selanjutnya dipanaskan pada suhu $90 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Larutan NAM yang telah dipanaskan segera didinginkan selanjutnya diukur kandungan gugus thiol dan aminonya. Gugus thiol bebas di NAM yang telah dipanaskan diukur menggunakan reagen Ellman 5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid) atau DTNB mengikuti metode Ogawa *et al.* (2017) dengan sedikit modifikasi. Larutan disosiasi sebanyak 12 mL ditambahkan ke larutan NAM (3,0 mL). Larutan DTNB 0,01 M sebanyak 20 μL ditambahkan ke larutan NAM yang telah diencerkan dalam larutan disosiasi dan diinkubasi selama 5 menit. Gugus amino NAM diukur menggunakan *o-phthalaldehyde* (OPA) mengikuti metode Ogawa *et al.* (2017) dengan sedikit modifikasi.

Absorbansi sampel (A_{sample}) diukur pada panjang gelombang 340 nm. Absorbansi reagen *blank* yang mengandung larutan OPA (A_{OPA}) dan absorbansi larutan NAM yang telah dipanaskan sebagai koreksi kekeruhan (A_{NAM}) diukur pada panjang gelombang yang sama. Nilai diferensial absorbansi ($A_{\text{sample}} - A_{\text{OPA}} - A_{\text{NAM}}$) dikonversi ke konsentrasi gugus amino NAM menggunakan faktor konversi yang berasal dari kurva standar konsentrasi L-glisin (2,0-8,0 mM).

Aktivitas antioksidan OLEP-gel

Aktivitas antioksidan dianalisis menggunakan metode DPPH (Zhu *et al.* 2014). Gel surimi sebanyak 1 g dihomogenkan dalam 10 mL larutan etanol 75% menggunakan *homogenizer* pada kecepatan 4,500 rpm selama 1 menit, sampel yang telah homogen diaduk pada suhu ruang selama 20 menit

sebelum disentrifugasi pada kecepatan $4,500 \times g$ selama 20 menit. Supernatan yang telah diencerkan dalam larutan etanol 75% sebanyak 0,75 mL ditambahkan 1,5 mL larutan DPPH dan selanjutnya diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu kamar selama 45 menit. Absorban sampel diukur pada panjang gelombang 517 nm. Trolox digunakan untuk membuat standar kurva. Aktivitas antioksidan sampel diekspresikan sebagai *trolox equivalent antioxidant capacity* (TEAC) berdasarkan standar kurva.

Polifenol OLEP-gel

Kandungan polifenol pada sampel dianalisa dengan metode *Folin-Ciocalteu* (Roby *et al.* 2013) dengan sedikit modifikasi. Polifenol yang telah diekstrak dari gel surimi menggunakan 75% etanol (2,5 mL) ditambahkan 0,5 mL larutan 50% Folin-Ciocalteu dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 menit, selanjutnya ditambahkan 0,5 mL larutan 10% sodium karbonat, kemudian inkubasi pada suhu ruang dan ruang gelap selama 30 menit, selanjutnya absorban sampel diukur pada panjang gelombang 760 nm.

Analisa Data

Analisa statistik dilakukan menggunakan *software* SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) dengan *one-way analysis of variance*. Perbedaan rata-rata antara perlakuan ditentukan dengan menggunakan *Duncan multiple range test* dengan tingkat signifikansi 95%. Data yang disajikan adalah rata-rata dari paling sedikit tiga kali ulangan setiap perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan polifenol OLEP

OLEP yang digunakan pada penelitian ini mengandung polifenol 1,9 mg GAE/g berat kering. Hasil tersebut hampir sama dengan hasil penelitian Hayes *et al.* (2011) lutein, sesamol and ellagic acid yang melaporkan kandungan ekstrak daun *olive* sebesar 1,6 mg GAE/g berat kering.

Sifat mekanik gel surimi

Kekuatan dan kekenyalan adalah indikator penting dalam mengevaluasi kualitas

gel surimi. Gel surimi dengan kekuatan dan kekenyalan yang tinggi merupakan produk gel dengan kualitas yang baik. OLEP ditambahkan pada surimi, diinkubasi pada suhu 30°C selama 60 menit dan kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit. Hasil kekuatan, kekenyalan, *expressible moisture* dan kandungan air gel surimi disajikan pada *Table 1*.

Table 1 menunjukkan bahwa kekuatan gel surimi meningkat secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi OLEP yang ditambahkan pada surimi. Kekuatan dan kekenyalan gel dilihat dari parameter *breaking stress* dan *breaking strain*. Gel surimi yang ditambahkan dengan OLEP memiliki kekenyalan yang tinggi dibanding dengan gel surimi tanpa OLEP (gel-kontrol), tetapi besarnya konsentrasi OLEP yang ditambahkan pada surimi tidak memberikan perbedaan yang nyata. Gel surimi dengan penambahan 0,2% OLEP memiliki kekuatan gel 13% lebih besar dan kekenyalan 27% lebih tinggi daripada gel surimi tanpa OLEP. Gel surimi dengan penambahan konsentrasi OLEP paling tinggi (0,5%) memiliki kekuatan dan kekenyalan gel paling tinggi. Penambahan 0,5% OLEP pada surimi mampu meningkatkan kekuatan gel 24% dan kekenyalan gel 29%.

Gel surimi dengan OLEP memiliki *expressible moisture* yang cenderung lebih rendah dibanding kontrol, hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan OLEP pada surimi mampu meningkatkan WHC gel surimi, walaupun kandungan air pada gel surimi dengan 0,5% OLEP sedikit lebih rendah dibanding kontrol, tetapi perbedaannya tidak sebesar dengan *expressible moisture*. Hasil ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan air gel surimi dengan penambahan OLEP bukan merupakan faktor utama dalam

meningkatkan WHC gel surimi. Beberapa penelitian melaporkan hubungan yang erat antara WHC dan kekuatan gel surimi, WHC yang tinggi didapatkan pada gel surimi yang memiliki kekuatan gel tinggi (Arsyad *et al.* 2018; Ma *et al.* 2015; Wang *et al.* 2019).

Warna gel surimi yang mengandung OLEP direpresentasikan sebagai L^* , a^* , b^* (*Table 2*). Gel surimi yang memiliki nilai *lightness* (L^*) yang tinggi, *yellowness* (b^*) yang rendah dan *whiteness* (W) yang tinggi lebih disukai konsumen (Amiza dan Kang 2013). Hasil nilai uji warna gel surimi dapat dilihat pada *Table 2*.

Peningkatan konsentrasi OLEP yang ditambahkan pada surimi menurunkan nilai L^* dan meningkatkan nilai b^* gel surimi. Penambahan 0,2% dan 0,5% OLEP masing-masing menurunkan nilai L^* 4% dan 6%. Penurunan nilai L^* pada gel surimi yang mengandung OLEP disebabkan oleh meningkatnya warna hijau (*yellowness*, b^*) dari OLEP.

Warna putih (*whiteness*) merupakan faktor utama dalam menentukan kualitas dan penerimaan konsumen terhadap produk gel berbasis surimi seperti kamaboko. Warna gelap pada OLEP menyebabkan penurunan secara signifikan nilai *whiteness* gel surimi, nilai *whiteness* menurun dengan meningkatnya konsentrasi OLEP pada gel surimi. Gel surimi dengan 0,2% OLEP dan 0,5% OLEP masing-masing memiliki nilai *whiteness* 5% dan 8% lebih rendah dibanding dengan gel surimi tanpa OLEP.

Senyawa fenol menurunkan nilai *whiteness* gel surimi. Penambahan bubuk daun Ya-nang (*Tiliacora triandara*) yang mengandung senyawa fenol menurunkan nilai *whiteness* pada sosis dari tilapia (*O. niloticus*) (Sriket *et al.* 2015). Penambahan

Table 1 Mechanical properties and water holding capacity of the surimi gels prepared from 0.2% OLEP surimi and 0.5% OLEP surimi

Parameter	Control	0.2% OLEP	0.5% OLEP
Breaking stress (10^5 N/m ² ; n=11-14)	1.48±0.15 ^a	1.67±0.15 ^b	1.83±0.15 ^c
Breaking strain (%; n=11-14)	31.67±2.53 ^a	40.20±2.00 ^b	40.99±3.54 ^b
Expressible moisture (%; n=3)	20.45±1.72 ^a	16.98±4.15 ^a	16.12±2.27 ^a
Water content (%; n=3)	58.45±0.97 ^a	58.91±1.49 ^a	58.03±0.76 ^a

Table 2 Color values of the OLEP surimi gels

	Control	0.2% OLEP	0.5% OLEP
Lightness, L^*	86.53±1.81 ^a	83.10±1.07 ^a	81.56±0.37 ^b
Redness, a^*	3.72±0.25 ^a	2.76±0.27 ^a	3.01±0.49 ^b
Yellowness, b^*	4.75±0.98 ^a	8.17±0.59 ^b	11.29±0.42 ^b
Whiteness, W	85.21±1.86 ^c	81.03±1.22 ^b	78.16±0.39 ^b

OLEP pada surimi memiliki pengaruh negatif terhadap nilai *whitness* gel surimi, OLEP mampu meningkatkan sifat mekanik produk gel dari surimi yang tidak mementingkan nilai *whitness* seperti bakso ikan (*fishball*), dimana kekenyalan menjadi faktor yang sangat mempengaruhi kualitas *fishball* sementara *whitness* tidak (Huda *et al.* 2010).

Struktur internal gel surimi dengan OLEP

Penambahan OLEP pada surimi secara signifikan meningkatkan kekuatan dan kekenyalan gel, untuk memahami mekanisme OLEP dalam meningkatkan kualitas gel, struktur internal gel surimi dengan OLEP dianalisis secara kimiawi. Sifat mekanik gel surimi dipengaruhi oleh besarnya interaksi non-kovalen dan ikatan kovalen protein (Stone dan Stanley 1992) sehingga ikatan kovalen protein di gel surimi dianalisa. *Crosslinking* protein miofibril, khususnya *myosin heavy chain* (MHC) secara langsung terlibat dalam meningkatkan kekuatan gel surimi

(Newsad *et al.* 1993). SDS-PAGE protein terlarut dari gel-OLEP dianalisa untuk mengetahui apakah gel surimi dengan penambahan OLEP (gel-OLEP) memiliki ikatan kovalen yang lebih kuat dibanding gel tanpa OLEP (gel-kontrol) atau tidak. Hasil SDS-PAGE protein terlarut dari surimi gel dengan penambahan OLEP ditunjukkan pada *Figure 1*.

Seluruh sampel yang dilarutkan dalam kondisi *non-reducing* (sampel-*non-reducing*), band MHC berada pada kisaran 200 kDa dan lebih tipis dibandingkan *band* yang sama pada sampel yang dilarutkan dalam kondisi *reducing* (sampel-*reducing*). Kondisi *non-reducing*, *band* lebih tebal ditemukan dibagian atas dari *stacking gel* pada semua sampel, mengindikasikan bahwa terdapat kompleks protein dengan berat molekul tinggi yang dihasilkan oleh ikatan kovalen yang baru terbentuk.

Sampel yang terlarut dalam kondisi *reducing* memberikan implikasi yang lebih besar terhadap ikatan kovalen *via* MHC.

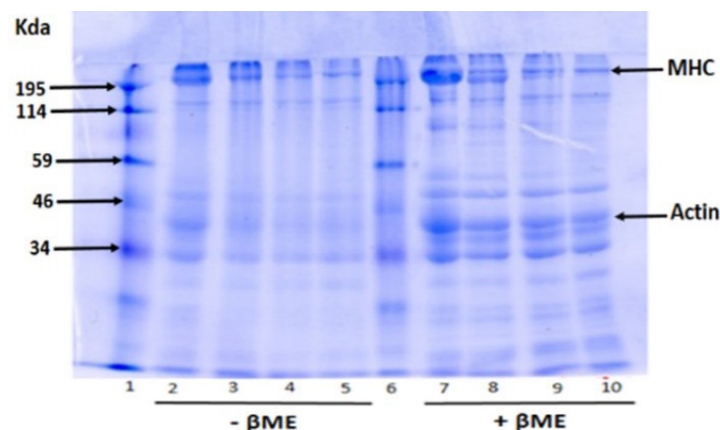


Figure 1 SDS-PAGE pattern of protein solubilized from OLEP surimi gels. Lines 1 and 6 = molecular weight marker; lines 2 and 7 = raw surimi without OLEP; lines 3 and 8 = control gel; lines 4 and 9 = 0.2% OLEP gel; lines 5 and 10 = 0.5% OLEP gel. $-\beta$ ME (lines 2 to 5) and $+\beta$ ME (lines 7 to 10) indicate the result of solubilization under non-reducing condition and that under reducing condition, respectively.

Sampel-*reducing* memiliki band MHC yang lebih tebal dibanding sampel-*non-reducing*. Hal ini mengindikasikan pengaruh dari ikatan disulfida antara MHC-MHC dan/atau MHC-protein lainnya dalam gel surimi.

Pita MHC pada gel-OLEP lebih tipis dibanding kontrol-gel, menunjukkan kemungkinan kuat bahwa penambahan OLEP memfasilitasi terbentuknya ikatan kovalen non-disulfida seperti ikatan ϵ -(γ -glutamyl)-lysine isopeptide (GL) atau menyebabkan terbentuknya ikatan kovalen selain ikatan SS dan GL (Ogawa *et al.* 2017). OLEP menyebabkan ikatan kovalen non-disulfida pada protein, untuk mengetahui grup fungsional dari protein yang terlibat dalam pembentukan ikatan kovalen non-disulfida maka status grup sulfidril dan asam amino protein dari gel surimi dianalisa menggunakan NAM yang mengandung OLEP (NAM-OLEP) dipanaskan. Kandungan sulfhydryl NAM menurun signifikan dengan meningkatnya konsentrasi OLEP yang ditunjukkan pada *Figure 2*.

NAM dengan konsentrasi OLEP tertinggi memiliki kandungan sulfhydryl terendah. Gugus amino pada NAM-OLEP yang dipanaskan menurun dengan meningkatnya konsentrasi OLEP, tren ini sama dengan kandungan gugus sulfidril. Hasil ini menerangkan bahwa senyawa dalam OLEP berinteraksi dengan gugus ϵ -amino dari residu-residu lisin dan/atau gugus α -amino protein surimi. Flavonoid teroksidasi menjadi *semi-quinones* atau *quinones* berikatan dengan gugus sulfidril atau gugus amino protein

(Banerjee 2006). OLEP mengandung polifenol (1,9 mg GAE/g berat kering). Penurunan gugus sulfidril dan gugus amino disebabkan oleh ikatan protein dengan *semi-quinone* atau *quinone* polifenol yang berasal dari OLEP. Hal tersebut mengindikasikan bahwa polifenol dari OLEP menyebabkan perubahan sifat mekanik gel surimi.

Interaksi protein dengan senyawa fenol menyebabkan perubahan sifat fisikokimia protein, seperti gelatinisasi dan kelarutan (Labuckas *et al.* 2001). Penambahan katekin dari daun teh meningkatkan kekuatan gel putih telur dengan terbentuknya ikatan kovalen antara molekul-molekul protein, dan poliphenol bekerja sebagai *crosslinker* antara molekul-molekul tersebut. Senyawa-senyawa phenol (asam ferulik, asam tannik, katekin dan asam kaffeik) menyebabkan *crosslink* protein-protein surimi sehingga meningkatkan kekuatan gel surimi (Balange dan Benjakul 2009)

Polifenol dari daun *olive* atau derivat-derivatnya, yaitu pada bentuk *semi-quinone* dan *quinone* menyebabkan secara langsung terbentuknya ikatan kovalen non-disulfida dan disulfida melalui gugus fungsional yang reaktif (gugus ϵ -amino dari residu lisin dan gugus sulfhydryl dari residu sistein) pada miosin and aktin.

Kandungan Aktivitas Antioksidan dan Polifenol Gel Surimi OLEP

OLEP-gel memiliki aktivitas antioksidan tinggi yang berasal dari senyawa fenolik yang ada dalam OLEP. Kontrol-gel memiliki

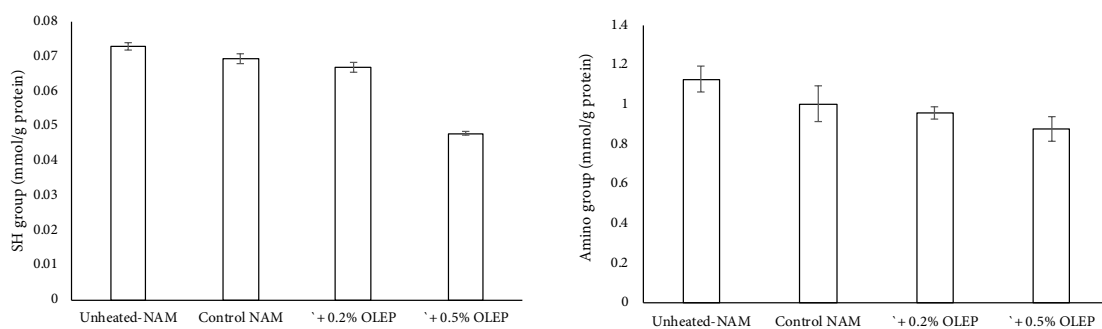


Figure 2 Thiol and primary amino groups of NAMs heated with OLEP.

Table 3 Polyphenol content and antioxidant activity of OLEP surimi gels

Parameter	Control	Concentration OLEP	
		0.2%	0.5%
Polyphenol (mg GAE/g)	0.03 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.00 ^b	0.07 ± 0.01 ^c
Antioxidant activity (mg TEAC/g)	-	0.02 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^b

kandungan polifenol sangat sedikit. Namun, OLEP-gel mengandung polifenol yang besar, yang sebagian besar berasal dari OLEP. Hasil analisis kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan pada gel surimi disajikan pada *Table 3*.

Penambahan OLEP ke surimi efektif meningkatkan aktivitas antioksidan dalam gel surimi. Aktivitas antioksidan daun olive terutama dikaitkan dengan senyawa fenolik termasuk oleuropein, hidroksitirosol dan verbaskosida (Moudache *et al.* 2016). Meskipun senyawa fenolik yang terkandung dalam OLEP berikatan secara kovalen dengan protein surimi, polifenol bebas yang tersisa menghasilkan aktivitas antioksidan dalam OLEP-gel.

Polifenol yang diekstrak dari 0,5% OLEP-gel adalah 0,07 mg/g dan dari 0,2% OLEP-gel adalah 0,06 mg/g yang masing-masing 2 kali lebih tinggi dari kandungan polifenol dari kontrol-gel. Hampir semua polifenol yang terkandung dalam OLEP-gel berasal dari OLEP, jumlah polifenol yang diperoleh dari 0,5% OLEP-gel terlalu kecil bila dibandingkan dengan rasio penambahan OLEP, 0,5% OLEP-gel memiliki OLEP 2,5 kali lebih tinggi dari 0,2 OLEP-gel, tetapi perbedaan kandungan polifenol antara 0,5% OLEP-gel dan 0,2 OLEP-gel hanya 1,2 kali. Kehilangan polifenol mungkin dapat disebabkan oleh ikatan *irreversibel* dengan gugus sulfidril dan amino dari protein surimi (Arsyad *et al.* 2018).

KESIMPULAN

Penambahan OLEP pada surimi meningkatkan kekuatan dan kekenyalan gel surimi. OLEP mampu meningkatkan sifat mekanik dari produk gel surimi. Peningkatan tersebut disebabkan oleh integrasi tambahan ikatan silang antar protein, kemungkinan ikatan kovalen non-disulfida. Penambahan OLEP pada surimi juga meningkatkan

aktivitas antioksidan pada gel. Penambahan OLEP menurunkan *whiteness* gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiza MA, Kang WC. 2013. Effect of chitosan on gelling properties, lipid oxidation, and microbial load of surimi gel made from African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Food Research Journal*. 20(4): 1585–1594.
- Arsyad MA, Akazawa T, Ogawa M. 2018. Effects of olive leaf powder on mechanical properties of heat-induced surimi gel effects of olive leaf powder on mechanical properties of heat-induced surimi gel. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 28(1): 2-13.
- Balange A, Benjakul S. 2009. Enhancement of gel strength of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi using oxidised phenolic compounds. *Food Chemistry*. 113(1): 61–70.
- Banerjee S. 2006. Inhibition of mackerel (*Scomber scombrus*) muscle lipooxygenase by green tea polyphenols. *Food Research International*. 39(4): 486–491.
- Dorey RC, Draves JA. 1998. Spectrophotometric determination of total protein-biuret Method. *Quantitative Analysis Laboratory: A New Approach Funded by the National Science Foundation*. 1–3.
- Hadipernata M, Ogawa M, Hayakawa S. 2016. Improved rheological properties of chicken egg frozen gels fortified by D-ketohexoses. *Journal of Food Processing and Preservation*. 41(5): 1-9.
- Hatanaka Y, Yamauchi A, Kobayashi O, Muro T. 2009. Electron microscopic analysis of the effects of tea extract on strength improvement of egg white gels. *Food Science Technology Resources*. 15(1): 5–10.

- Hayes JE, Allen P, Brunton N, O'Grady MN, Kerry JP. 2011. Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food Chemistry*. 126(3): 948–955.
- Huda N, Shen Y, Huey Y, Ahmad R, Mardiah A. 2010. Commercial Meatballs. *American Journal of Food Technology*. 5(1): 13-21.
- Labuckas DO, Maestri DM, Perelló M, Martínez ML, Lamarque AL. 2008. Phenolics from walnut (*Juglans regia* L.) kernels: antioxidant activity and interactions with proteins. *Food Chemistry*. 107(2): 607–612.
- Ma X, Yi S, Yu Y, Li J, Chen J. 2015. LWT-food science and technology changes in gel properties and water properties of *Nemipterus virgatus* surimi gel induced by high-pressure processing. *Food Science and Technology*. 61(2): 377–384.
- Mkaouer S, Krichen F, Bahloul N, Allaf K, Kechaou N. 2018. Enhancement of bioactive compounds and antioxidant activities of olive (*Olea europaea* L.) leaf extract by instant controlled pressure drop. *Food and Bioprocess Technology*. 11(6): 1222-1229.
- Moudache M, Colon M, Nerín C, Zaidi F. 2016. Phenolic content and antioxidant activity of olive by-products and antioxidant film containing olive leaf extract. *Food Chemistry*. 212: 521–527.
- Nowsad AA, Kanoh S, Niwa E. 1993. Aggregation of myosin heavy chain while grinding surimi and setting its paste. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 59(11): 1-2.
- Ogawa M, Inoue M, Hayakawa S, O'Charoen S, Ogawa M. 2017. Effects of rare sugar d-allulose on heat-induced gelation of surimi prepared from marine fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97(14): 5014-5020.
- Roby MHH, Sarhan MA, Selim KAH, Khalel KI. 2013. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*. 43(1): 827–831.
- Sriket P, Sriket C, Nalinanon S. 2015. Effects of Ya-nang leaves (*Tiliacora triandra*) powder on properties and oxidative stability of tilapia emulsion sausage during storage. *International Food Research Journal*. 22(4): 1474–1482.
- Stone AP, Stanley DW. 1992. Mechanisms of fish muscle gelation. *Food Research International*. 25(5): 381-388.
- Sun L, Sun J, Thavaraj P, Yang X, Guo Y. 2017. Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) surimi during cold storage. *Food Chemistry*. 224: 372–381.
- Urestia R, Ramirez JA, Lopez-Arias A, Vazquez M. 2003. Negative effect of combining microbial transglutaminase with low methoxyl pectins on the mechanical properties and colour attributes of fish gels. *Food Chemistry*. 80(4): 551-556.
- Wang R, Gao R, Xiao F, Zhou X, Wang H, Xu H, Zhao Y. 2019. Effect of chicken breast on the physicochemical properties of unwashed sturgeon surimi gels. 113(June): 1–8.
- Yaguchi S, Shimoda M, Fukushima H, Maeda T. 2017. Comparison of gel strength of kamaboko containing powders from nine different vegetables and fruits. *Journal of National Fisheries University*. 65(1): 1-8.
- Zhu CZ, Zhang WG, Kang ZL, Zhou GH, Xu XL. 2014. Stability of an antioxidant peptide extracted from Jinhua ham. *Meat Science*. 96(1): 783–789.